УДК 656.2.(477):(629.45.52-87).001.365.37

А.В. Донченко, М.В. Троцький, В.О. Подзоров Г.С. Ігнатов

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО ДВОПОВЕРХОВИХ ВАГОНІВ ДЛЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

Наведені конструкційні характеристики двоповерхових вагонів розробки зарубіжних фірм. Викладено технічні вимоги до двоповерхових вагонів для умов експлуатації на залізницях України.

Постановка проблеми

Двоповерхові пасажирські вагони широко використовуються в залізничних пасажирських перевезеннях багатьох країн світу. На даний період такі вагони експлуатуються в різних видах сполучення на залізницях європейських держав, а також США, Китаю, Японії та інших країн. Спостерігається значна динаміка в розвитку будування двоповерхових вагонів, загальна кількість яких в експлуатації вже складає десятки тисяч одиниць. Провідними вагонобудівними фірмами пропонуються різноманітні конструкції двоповерхових вагонів різного призначення, розраховані на використання в приміському, місцевому та регіональному сполученні. Пропонується вибір вагонів для швидкостей руху від 140 до 250 км/г з пасажирськими приміщеннями (салонами) різних класів, рівнів комфорту та послуг. Серед провідних виробників двоповерхових вагонів – фірми «Alstom», «Bombardier», «Siemens», «Transtech», «Skoda». Як свідчить зарубіжна практика, такий вид рухомого складу є особливо ефективним при використанні його в приміських та регіональних перевезеннях.

Основною метою створення двоповерхових пасажирських вагонів є підвищення провізної здатності рухомого складу за рахунок підвищення пасажиромісткості вагона. Створюються умови для підвищення провізної спроможності залізниць, привабливості для населення залізничного транспорту в умовах конкуренції з іншими видами транспорту.

Розробки в галузі створення двоповерхових вагонів

В якості прикладу нижче наводяться окремі конструкційні характеристики деяких моделей двоповерхових вагонів закордонного виробництва.

Проект швидкісних регіональних електропоїздів з двоповерхових вагонів нового покоління «TER 2N NG» прийнято для реалізації національними залізницями Франції (SNCF) з метою створення парку рухомого складу великої місткості, призначеного для пасажирських перевезень з швидкістю до 160 км/г між великими містами густонаселених регіонів [1].

За результатами вивчення наданих пропозицій проектування та виготовлення нових поїздів «TER 2N NG» було доручено консорціуму компаній «Alstom» і «Bombardier».

Передбачається, що в перспективі електропоїзди «TER 2N NG» можуть бути використані в міжнародних сполученнях. Для цього передбачена можливість їх виготовлення в багатосистемному варіанті з оснащенням апаратурою відповідних систем сигналізації та зв'язку.

Вагони мають по чотири пасажирські салони, розміщені по сторонах від двох вхідних площадок: два кінцеві (над візками) салони проміжного рівня, доступ в які з вхідних площадок здійснюється по декількох сходинках, центральний (між візками) салон нижнього поверху, до якого від вхідних площадок веде пологий пандус, і центральний салон верхнього поверху з входом по сходах (рис. 1). Пасажиромісткість поїздів «TER 2N NG» і розподіл місць по класах наведені в табл.1.

Рис.1. **Фрагмент інтер'єру вагона**

Таблиця 1. **Пасажиромісткість поїздів «TER 2N NG» і розподіл місць по класах**

Кількість вагонів в поїзді	Кількість місць для сидіння			Число місць для осіб, що палять		Число місць для осіб з фізичними вадами	Місткість зон для перевезення велосипедів	Число санітарних кабін	
	всього	першого класу	другого класу	всього	доля, %			з умивальниками	з туалетами
2	219	27	192	24	11	1 або 2	5	1	1
3	339	41	298		7		11	2	
4	450	54	396	60	13	1 або 2	10		2
5	570	68	502		11		16		3

Підвищення рівня комфорту вагонів забезпечується наступними заходами:

- для полегшення посадки і висадки пасажирів рівень підлоги вхідних площадок понижено до 600 мм над рівнем головок рейок (РГР), що практично співпадає з висотою більшості посадочних платформ на мережі ліній регіональних сполучень (550 мм над РГР). Передбачена можливість застосування спеціальних пристроїв, що полегшують посадку и висадку при висоті платформ 350 або 700 мм над РГР;
- ширина просвіту двох вхідних дверей з кожної сторони вагона збільшена до 1300 мм;
- ширина міжвагонних переходів збільшена до 800 мм;
- відстань між спинками крісел, встановлених зустрічно, збільшена до 1740 мм;
- створення за рахунок інтер'єру відчуття вільного простору для пасажирів, особливо в салонах верхнього поверху;
- наявність покажчиків системи інформування пасажирів зовні та всередині вагонів;
- виділення в одному з вагонів спеціальної зони для осіб з обмеженими фізичними можливостями (на інвалідних колясках) з пристосованим для таких пасажирів туалетом;
- виділення на одній з вхідних площадок спеціальної зони для розміщення великогабаритного багажу, наприклад, велосипедів;
- забезпечення розміщення багажу рядом з пасажирами: на багажних полицях і в рундуках в салонах нижнього поверху и на багажних сітках в салонах верхнього поверху;
- наявність автоматів для продажу напитків і легких закусок;
- доведення рівня шуму як зовні, так і всередині поїзда при русі з максимальною швидкістю 160 км/г до того ж рівня, як у поїздів при швидкості руху 140 км/г.

Заслуговує уваги система пасивної безпеки вагонів поїзда «TER 2N NG», яка розрахована на наступні екстремальні навантаження:

- зіткнення на прямій ділянці колії з іншим поїздом при швидкості 36 км/г;
- зіткнення при швидкості 110 км/г на прямій з легковим автомобілем, який зупинився на переїзді;
- зіткнення при швидкості 110 км/г на прямій з вантажним автомобілем масою 30 т, який зупинився на переїзді.

Вказані умови прийняті для обґрунтування і вибору параметрів і конструкції пристроїв для поглинання і розсіяння енергії співудару 4 МДж в зоні кабіни управління і 1 МДж в зоні міжвагонного переходу. Головна ідея полягає в щільному сполученні двох рамних конструкцій, одна з яких сприймає енергію при зіткненні з залізничним рухомим складом, а друга – при зіткненні з вантажним автомобілем, з можливістю відносного переміщення цих рам. У відповідності з таким принципом встановлений визначений порядок участі елементів поглинального пристрою в погашенні енергії співудару в залежності від характеру зіткнення. На рисунку 2 показані складові конструктивні елементи поглинального пристрою, у якого на першому етапі співудару приводяться в дію елементи першого рівня, а потім другого.

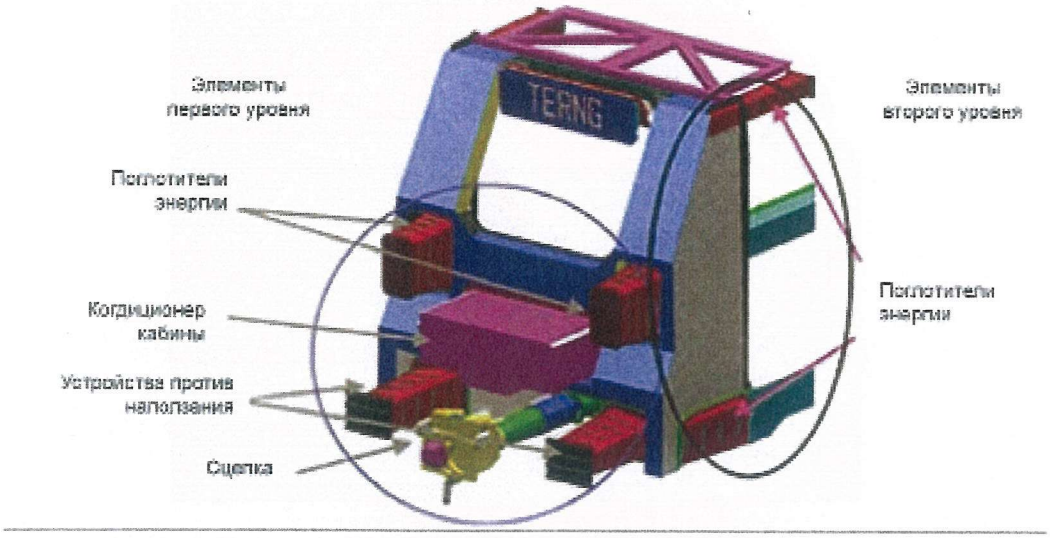

Рис. 2. **Схема пристрою пасивної безпеки**

ВАТ «Тверський вагонобудівний завод» (Росія) виготовив дослідний зразок двоповерхового вагона, модель 61-4465, який зокрема, було презентовано на II Міжнародному залізничному салоні «EXPO 1520» (рис. 3, 4). Вагон встановлено на візках безлюлькової конструкції та обладнано: системою кондиціонування повітря; трьома екологічно чистими туалетами; системами безпеки, контролю і діагностики, контролю доступу і охорони поїзда. Обшива кузова – з прокату корозійностійкої (нержавіючої) сталі.

Окремі конструкційні характеристики:

- довжина вагона по осях зчеплення автозчепів, мм	26232;
- довжина кузова, мм	24232;
- висота кузова, мм	5250;
- ширина кузова, мм	3150;
- маса тари, т	64,1;
- кількість місць для пасажирів	64(спальних);
- кількість місць для провідника	1;
- конструкційна швидкість, км/г	160;
- термін експлуатації, років	40.

Привабливість розробленої конструкції двоповерхового вагона для вивчення досвіду будівництва двоповерхових вагонів з метою застосування на українських залізницях полягають в тому, що він адаптований для інфраструктури залізниць колії 1520 мм та, відповідно, обладнаний сумісними системами.

Рис.3. **Двоповерховий вагон, модель 61-4465, Тверського вагонобудівного заводу**

Рис.4. **Коридор нижнього поверху двоповерхового вагона, модель 61-4465**

Технічні вимоги до двоповерхових вагонів для експлуатації на залізницях України

В умовах, коли на залізницях України проводиться значна робота по оновленню рухомого складу, будівництву нових вагонів та підвищенню рівня послуг і сервісу, що надаються пасажирам, дослідження питань створення двоповерхових вагонів є актуальним. Освоєння виробництва нового рухомого складу в Україні буде сприяти вирішенню низки питань, зокрема, стимулювання науковотехнічного та інтелектуального потенціалу, впровадження інноваційних пропозицій та розробок, стимулювання розвитку соціальної інфраструктури регіонів, створення додаткових робочих місць, тощо.

В Україні двоповерхові вагони до теперішнього часу не експлуатувались. Не ставились до вітчизняних виробників і завдання по їх виготовленню. Комплексною програмою оновлення залізничного рухомого складу на 2008-2020 роки передбачено освоєння сучасних конструкцій двоповерхових вагонів. В Україні на сьогодні наявна потужна інженерно-інтелектуальна, наукова та виробнича сфера, здатна створити та освоїти виробництво двоповерхових вагонів. Для прискорення створення вказаних вагонів буде всебічно врахований зарубіжний досвід. Концепція повинна враховувати поєднання модульності, доступності та підвищеного комфорту для пасажирів.

Нижче розглядаються окремі технічні вимоги до двоповерхового вагона, які ґрунтуються на результатах аналізу конструкцій вагонів зарубіжних фірм з урахуванням адаптації до інфраструктури залізниць України.

Конструкція кузова. Особливості проектування пасажирських вагонів у двоповерховому виконанні обумовлюються, передусім, поєднанням таких факторів, як обмеження осьового статичного навантаження та використання міжвізкового простору для розташування пасажирських приміщень. Значення статичного навантаження від колісної пари на рейки, що, як відомо, для пасажирських вагонів зі швидкістю до 200 км/г згідно з ГОСТ 22780-93 [2], ВНД 32.1.07.000-02 [3] становить 18 тс, визначає для чотиривісного вагона масу брутто на рівні 72 тс. Відтак, при розрахунковій населеності вагона біля 100 чол., маса тари вагона повинна становити 62 тс, що відповідає масі нинішнього пасажирського вагона одноповерхового виконання. З цього випливає необхідність радикальної мінімізації загальної маси вагона за рахунок, передусім, металоконструкцій рами та кузова. Вказане можна вважати головною передумовою, що викликає необхідність використання нових для вітчизняної вагонобудівної індустрії легких та міцних матеріалів а також освоєння нових технологій їх обробки та поєднання у загальну несучу рамнокузовну конструкцію. Для виготовлення кузовів вагонів слід передбачати, зокрема, застосування сталей підвищених класів міцності, корозійностійких або алюмінієвих сплавів, причому слід прагнути до використання елементів металоконструкцій з профілями перерізів, найбільш оптимізованих, з позицій використання матеріалу, для сприйняття діючих на них навантажень.

Конструкцію кузова слід проектувати суцільнонесучою з застосуванням різних стальних прокатних та гнутих профільних і листових елементів. Зовнішню обшивку доцільно включати в силову схему кузова, як таку, що працює разом з каркасом. Для виготовлення підлоги між поверхами найбільш прийнятними є екструдовані алюмінієві профілі. Конструкція кузова повинна передбачати можливість застосування блочного принципу монтажу окремих модулів та внутрішнього обладнання (модулі купе, туалетні модулі, крісла, багажні полиці і т. ін.)

Рішення щодо обладнання вагона системами пасивної безпеки на сприйняття екстремальних навантажень повинне прийматись окремо. Розміри і конструкція пристроїв залежать від кількості енергії співудару, яку необхідно поглинути та розсіяти при зіткненні транспортних одиниць.

Ходові частини. Вагон повинен бути обладнаний двома двовісними візками зменшеної конструктивної висоти, розрахованими на швидкість руху до 160 км/г. База візка - 2400 - 2600 мм. Візки повинні мати двоступеневе підвішування (буксове та центральне) з гідравлічними демпферами (гасниками коливань), окремо у вертикальній і горизонтальній площинах, з можливістю використання в одній ступені (центральній) пневматичних ресор та стабілізаційні пристрої. Візки повинні бути оснащені протиюзними пристроями та системою контролю нагріву букс.

Конструкція візків повинна забезпечувати плавність руху пасажирського вагона згідно з ДСТУ 4045 [4]. При цьому максимальна величина показника плавності руху вагона для доброго стану колії не повинна перевищувати наступних значень:

- при швидкості руху від 100 до 120 км/г – 2,6;
- при швидкості руху від 120 до 140 км/г – 2,7;
- при швидкості руху від 140 до 160 км/г – 2,8.

Внутрішній дизайн, компоновка та планування. Найбільш розповсюдженим є виконання вагона з чотирма пасажирськими салонами, в тому числі два кінцевих проміжних салони, центральний салон нижнього поверху та центральний салон верхнього поверху. Місця першого класу знаходяться в центральних салонах нижнього та верхнього поверхів. Для проходу з вхідних площадок в проміжні салони передбачаються декілька сходинок, на верхній поверх – драбина-східці, на нижній поверх – похилий пандус.

Конструкція вагона, його основних систем та вузлів повинна передбачати можливість різноманітного планування пасажирського салону, що дозволяло б при мінімальній доробці здійснити організацію виробництва вагонів таких модифікацій:

- вагон відкритого типу з кріслами для сидіння, салоном підвищеного комфорту і багажним відділенням;
- вагон відкритого типу з кріслами для сидіння, салоном підвищеного комфорту та з можливістю перевезення інвалідів у колясках;
- вагон відкритого типу з кріслами для сидіння, салоном підвищеного комфорту та баром;
- вагон відкритого типу з кріслами для сидіння, салоном підвищеного комфорту та радіокупе.

Для створення достатнього рівня комфорту:

- рівень підлоги вхідних площадок для полегшення посадки і висадки пасажирів слід визначити в межах біля 600 мм від рівня головок рейок;
- доцільна ширина просвіту дверей повинна складати 1300 мм; ширина міжвагонних переходів - не менше 800 мм;
- відстань між спинками крісел, встановлених зустрічно, повинна складати не менше 1740 мм;
- в одному з вагонів необхідно виділити спеціальну зону для осіб з обмеженими фізичними можливостями з пристосованим для них туалетом;
- на одній з вхідних площадок виділити спеціальну зону для розташування великогабаритного багажу.

Дизайн вагона повинен створювати у пасажирів відчуття вільного простору, особливо в салонах верхнього поверху.

В табл. 2 наведені окремі конструкційні характеристики вагона.

Таблиця 2. **Технічні характеристики двоповерхового вагона з місцями для сидіння**

Ч/ч	Найменування показників	Одиниця виміру	Величина, значення показника
1	Габарит згідно ГОСТ 9238 [5]		1-Т
2	Статичне осьове навантаження від колісної пари на рейки	кН (тс)	176,6 (18,0)
3	Довжина по осях зчеплення автозчепів	м	26,2 – 26,8
4	База вагона	м	19,0
5	Пасажиромісткість, орієнтовно	осіб	100
	в т. числі:		
	місць 1 класу		14
	місць 2 класу		86
	місць для осіб з обмеженими можливостями		1
6	Конструкційна швидкість	км/г	160
7	Середній коефіцієнт теплопередачі кузова, не більше	Вт/ м^2 . К	1,1
8	Призначений термін служби	років	30
9	Термін служби до першого капітального ремонту	років	6
10	Термін служби (пробіг) до першого деповського ремонту	років (км. пробігу)	2 (450 000)

Висновки і перспективи подальших досліджень

Стосовно концептуальних підходів до створення двоповерхового пасажирського вагона в Україні слід враховувати наступне:

– на першому етапі використання даного виду рухомого складу слід передбачати в регіональному сполученні;

– необхідне освоєння сучасних міцних та полегшених матеріалів та технологій їх застосування;

– виникає завдання максимально ефективного використання внутрішнього простору в двоповерховому вагоні; впровадження компактних агрегатів енергосилового обладнання та систем комфорту (вентиляція, опалення, освітлення, радіообладнання, система сповіщення, пожежегасіння та ін.); раціональної та надійної в експлуатації конструкції пристроїв безпеки – перехідних площадок, беззазорного зчіпного пристрою, блокувальних пристроїв, аварійних виходів та ін.; компактність та насиченість устаткування не повинна суперечити його безпечній експлуатації та заважати доступу до них при обслуговуванні та ремонті;

– необхідно віднайти та застосувати доступні матеріали, що забезпечили б підвищену шумоізоляцію, зокрема, в зонах над візками та на рівні нижнього поверху;

– треба передбачати, що пасажирські салони не будуть мати стоячих місць;

– кожен вагон повинен супроводжуватись провідниками, відтак кожен вагон повинен мати службове купе.

Очевидно, що необхідно буде внести зміни та доповнення в чинну нормативну документацію, які враховували б особливості конструкцій двоповерхових вагонів. Локомотивне, колійне господарство, служби електропостачання та зв'язку залізниць також має бути відповідно підготовленим до масової експлуатації такого виду рухомого складу.

Очікуваний соціальний та економічний ефект. Техніко-економічні розрахунки показали, що залізниці отримають позитивний економічний ефект від використання таких вагонів. Застосування двоповерхових вагонів дає можливість істотно збільшити кількість пасажиромісць вагона і, відповідно, пасажирського потягу у порівнянні з одноповерховими вагонами.

Основними факторами, які забезпечують утворення ефекту від впровадження в практику пасажирських залізничних перевезень двоповерхових вагонів є наступні:

- підвищена провізна спроможність при однакових довжині поїзда та пасажирських платформ (за рахунок підвищення пасажиромісткості при тій же, що і для одноповерхового, довжині вагона);
- менше значення питомої матеріалоємності (в розрахунку на одно пасажиромісце);
- якнайповніше використання габаритного простору будівельним обрисом вагона;
- зниження питомих витрат на обслуговування, енергозабезпечення.

Вказані фактори, в підсумку, знижують експлуатаційні витрати залізничного транспорту.

Витратами, пов'язаними з впровадженням двоповерхових пасажирських вагонів, будуть додаткові одноразові капітальні вкладення залізничного транспорту в рухомий склад, а також витрати промисловості на створення такого виду рухомого складу.

Орієнтовно, середньорічний економічний ефект від використання двоповерхового вагона в порівнянні з пасажирським вагоном серійного виробництва складе не менше 250 тис. грн.

Технічні вимоги пропонується покласти в основу подальших науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт при створенні пасажирських двоповерхових вагонів для українських залізниць.

ЛІТЕРАТУРА

1. Региональные поезда из двухэтажных вагонов. // Железные дороги мира», №2. - 2005.

2. ГОСТ 22780-93 (ІСО 1005-9-86) Оси для вагонов железных дорог колеи 1520 (1524) мм. Типы, параметры и размеры.

3. ВНД 32.1.07.000-02 Тимчасова інструкція з організації швидкісного руху пасажирських поїздів. Вимоги до інфраструктури та рухомого складу. –. Укрзалізниця, Київ. Чинна з 10 серпня 2002 р.

4. ДСТУ 4045-2001 Візки вагонів пасажирських магістральних локомотивної тяги. Загальні технічні умови

5. ГОСТ 9238-83 Габариты приближения строений и подвижного состава железных дорог колей 1520 (1524) мм